Volume 6, No. 1, Spring 2002

Forest Health & Biodiversity News

Canadian Forest Service

Old-growth forests: a science perspective - preliminary results of the conference

Natural Resources Canada - Canadian Forest Service, in partnership with the Ontario Ministry of Natural Resources, Domtar, Tembec, Abitibi Consolidated, the Model Forest Network, and the Upper Lakes Environmental Research Network (ULERN), hosted a symposium on Canadian old-growth forests, in Sault Ste. Marie, Ontario, from October 15-19, 2001.

The purpose of the meeting was to showcase science specifically dealing with old forests conducted over the past decade in Canada. Another objective was to produce a book that could relate the state-of-the-art knowledge about old forests to scientists, and provide information for managers and policy-makers. About 200 delegates attended the symposium, representing most Canadian provinces, the United States, Europe, and Japan. Governments, academics, industry, and non-government organizations were well represented (56, 26, 9, and 9% respectively). The symposium format included invited plenary papers, contributed papers, workshops, a panel discussion, and a highly successful field tour to see two old-forest areas.

As with any science meeting, this conference produced its share of discussions, agreements, and disagreements. Nevertheless, considerable consensus was reached among delegates on several issues. As well, plenary speakers provided various descriptions of old forests and their attributes that received favorable responses. Delegates generally agreed that we must distinguish between primary (never logged) and secondary (logged but regenerated) forests, that old growth may develop within either but not necessarily maintain the same qualities or processes, and that there is a need to preserve natural processes within primary forests as benchmarks. In the case of primary forests, the processes would continue through time, even when the original old trees were eliminated by normal disturbances. Lee Frelich argued that the size (or landscape) of such primary forest reserves should be dictated by the scale of natural processes that operate within the given forest type. Many delegates noted that "old growth" is not a static state but is more exactly a continuum, and that for each forest type, the state may last for different periods of time.

Cathedral Grove, Vancouver Island. Winning old-growth photo by Barbara Carroll, Upper Kingsclear, NB.

Several authors noted the loss of old growth in some areas of the country, although in other areas the amount of remaining old forest is considerable. For example, most if not all of the old forest is gone from Prince Edward Island, but large areas of old forests remain in British Columbia. Many authors were able to relate the importance of old growth in sustaining regional biodiversity, and Alex Mosseler and Al Gordon pointed out that old natural forests are a source of high local

Continues on page 6

Contents

Managing Mountain Pine Beetle Populations in British Columbia 2

Will Atmospheric Change Alter Forest Health and Growth Into the Future? . 3

National Tree Seed Centre . . 4

Publication Sales Agreement #40035189

Return Address
Atlantic Forestry Centre
P.O. Box 4000
Fredericton, N.B., Canada
E3B 5P7

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Canada

2007-05633/

Managing Mountain Pine Beetle Populations in British Columbia

The mountain pine beetle (*Dendroctonus ponderosae* Hopk.) is a native insect widely distributed in western North America; from northern Mexico, through the western United States, north into British Columbia and Alberta, and as far eastward as Cypress Hills, Saskatchewan. Throughout its range, it breeds in virtually all species of native or introduced pine, but in Canada, its major host is lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm.). Mountain pine beetle populations are presently at outbreak levels over much of central BC, and the resultant mortality of trees is compromising efforts towards sustainable forest management.

The current outbreak is not a unique occurrence. During the late 1970's and early 80's, a large outbreak spread across the Chilcotin plateau, and other areas of the province were similarly visited between 1910 and 1960. The current populations have been building since 1992, increasing dramatically since 1998, and have killed approximately 600 000 ha of lodgepole pine over 5.7 million hectares from Smithers to Quesnel.

For a mountain pine beetle outbreak to occur, two main conditions must be satisfied: First, there must be a sustained period of favorable weather over several years, and second, there must be an abundance of susceptible hosts. At present, both of these conditions are being met in central BC.

To expand rapidly to outbreak levels, mountain pine beetle populations must maintain a univoltine life cycle. If cool climatic conditions force the beetles out of synchrony with the seasons, they must overwinter in cold-susceptible life stages, leading to extensive mortality within populations. We have examined the degree-day accumulations for Smithers, Burns Lake and Quesnel and found that since 1995 the totals in all areas have consistently exceeded 833 degree-days above 5.6°C, the minimum required for a univoltine cycle.

Even if populations can maintain their seasonal synchrony, significant winter mortality will occur if, at any time, temperatures beneath the bark drop to -40°C. Cold causes the greatest amount of mortality early in the winter before beetles can develop cold-hardiness, or in early spring as they become active. The Chilcotin outbreak was ended by periods of extreme cold (-35°C) in the late fall and early winter of 1984 and 1985. Unfortunately, during the last five or six years central BC has not experienced a significant unseasonable cold event, thus winter mortality has not significantly affected the present outbreak. The influence of weather calls into question the potential of global climate change to affect insect population dynamics.

Aerial photo of outbreak of mountain pine beetle in BC.

In the three biogeoclimatic zones where lodgepole pine is dominant in BC, fully two-thirds of the stands are more than 80 years old and therefore susceptible to mountain pine beetle attack. Interestingly, the current age-class distribution may be outside the normal range of variability. In fact, from a distribution generated using a hypothetical fire-return interval of 100 years (generally accepted for lodgepole pine), only about one-third of stands would be in the susceptible range. Many of the existing stands are heavily stocked, even-aged, pine monocultures. They are often the aftermath of large-scale agricultural clearing, logging of high-value Douglas-fir or larch stands, and fires in the late 1800's and early 1900's. As these stands matured, together with existing natural stands, they have been protected from fire, and generally not subjected to silvicultural treatment.

There are four distinct stages in a mountain pine beetle infestation cycle; endemic, incipient, outbreak and collapse. The most common state between outbreaks is endemic, when populations are comprised of a small number of widely dispersed beetles, usually in weakened or decadent trees. Population increase is prevented by natural factors such as host resistance, natural enemies, weather, and inter- and intraspecific competition. Populations reach the incipient stage when they escape the natural controls and generate enough beetles within stands to overcome the resistance of the average large-diameter trees. Brood survival is optimal in large trees. Incipient infestations often develop in groups of trees where tree health and/or resistance is compromised by local factors such as fluctuations in the water table, periodic flooding or pockets of root disease. In any of these situations, brood survival may increase dramatically. In the presence of abundant host trees of suitable age and size, and with sustained favorable weather, incipient infestations will progress to the outbreak stage.

Outbreaks are spread over the landscape, not confined to

Continues on page 5

Will Atmospheric Change Alter Forest Health and Growth into the Future?

What effect will atmospheric change have on forest health, growth, and productivity into this century? The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) recently confirmed that atmospheric CO_2 concentrations have risen by nearly 30% since pre-industrial times, primarily due to fossil fuel combustion. Coincidentally, emissions of oxidized nitrogen (NO_x) and volatile organic compounds have increased background concentrations of the phytotoxic air pollutant, ground-level ozone (O_3). Over 29% (5 300 000 square kilometers) of temperate and subpolar forest is now at risk from O_3; this will expand to 60% (11 million square kilometers) by 2100. In Canada, three-year average O_3 concentrations consistently decreased between 1991 (70 µl/l) and 1994 (65 µl/l). Since then, concentrations have actually been increasing steadily back up to 70 µl/l in 1999. The IPCC predicts further increases in CO_2 (2% per yr) and O_3 (12 to 60% in certain regions) over this century.

Experimental fumigation in chambered environments indicate that elevated CO_2 and O_3 impact trees in opposite ways. Elevated CO_2 stimulates aboveground and belowground growth, and delays leaf senescence. Trees grown under elevated CO_2 have lower foliar nitrogen concentrations and reduced levels of defense compounds. In contrast to the largely beneficial effects of CO_2, O_3 is detrimental to tree growth and forest productivity. Ozone has been shown to induce foliar injury, accelerate leaf senescence, decrease photosynthesis, alter carbon allocation, and decrease growth particularly in two of the most widely-distributed Canadian tree species, trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.) and paper birch (*Betula papyrifera* March.). Up to 1997, little research had been done on the impacts of these co-occurring greenhouse gases. Even now, we do not fully understand how interacting CO_2 and O_3 will influence the composition and function of forest ecosystems.

Since 1997, scientists from the Canadian Forest Service's Forest Health and Biodiversity Network (Atlantic, Great Lakes, Pacific Forestry Centres) have been working as part of a multi-agency, interdisciplinary project comprising 55 scientists from eight countries. The Free Air Carbon Dioxide Enrichment (Aspen-FACE) is the first open-air facility to examine the responses of forest trees to interacting CO_2 and O_3. Aspen FACE is a key experiment within the International Biosphere Geosphere Programme, and was expressly established in 1997 to study the impacts of these co-occurring greenhouse gases on aggrading northern forests in terms of carbon sequestration, physiological processes, growth and productivity, stand dynamics, interactions with pests and ecosystem processes, mineral weathering, and nutrient cycling.

Aspen FACE is situated on a 32 ha site in northern Wisconsin, USA and consists of twelve, 30 m-diameter FACE rings, assigned to treatments of atmospheric CO_2 [ambient and 560 l/l (ambient + 200 l/l)], elevated O_3 [1.5x ambient (circa 50 µl/l 12-hour daytime average during the growing season)], and elevated CO_2+O_3. The rings are inter-planted at 1 x 1 m spacing with communities of trembling aspen (five genotypes), trembling aspen/paper birch and trembling aspen/sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.). During 1996-2001, the Aspen FACE project has been primarily supported by the US Department of Energy ($2.6 million US) and by companion grants ($4.7 million US) from the US Forest Service Northern Global Change Program, Michigan Technological University, USDA Research Initiatives, US National Science Foundation, UK Natural Environmental Research Council, British Ecological Society, and the Praxair Foundation. Canadian participation has been supported through a three-year grant from the Federal Panel on Energy Research and Development (PERD), and operating funds allocated through the Canadian Forest Service-Forest Health and Biodiversity, and Climate Change Networks.

Following the first three years (1998-2000) of fumigation, the suite of responses in the young, aggrading forest to elevated CO_2 and/or O_3 have been remarkably consistent across species and genotypes with differing O_3 tolerance. Aspen canopy photosynthesis was strongly stimulated by CO_2 and strongly inhibited by O_3 leading to similar

Table 1

	CO_2	O_3	$CO_2 + O_3$
Productivity			
whole canopy photosynthesis (Amax)	↑↑	↓↓	no change
leaf area index (LAI)	↑	↓	no change
volume growth	↑	↓	no change
foliar nitrogen	↓	no change	↓
Defense			
antioxidants	↓	↑	↓
tannins	no change	↑	↑
phenolic glycosides	↑	↓	no change
leaf wettability	no change	↑↑	↑
Pests			
Melampsora leaf rust	no change	↑↑	↑↑
aspen blotch leaf miner	↓	↑	↓
aspen aphids	↑	↑	↑
forest tent caterpillar	no change	↑	no change
Oberea wood borer	↑	no change	↑
Net Primary Productivity (NPP)			
NPP	↑	↓	no change

Source: Karnosky, et al. (2002)

Continues on page 6

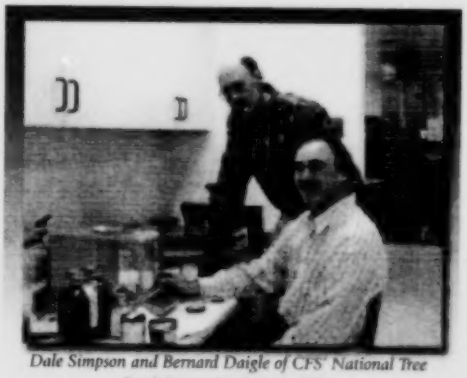
National Tree Seed Centre

The National Tree Seed Centre (NTSC), located in Fredericton, N.B. at the Canadian Forest Service - Atlantic Forestry Centre, was established about 35 years ago to obtain, store, and provide seed free of charge for research. This is the only Seed Centre in Canada with a national mandate to obtain and store tree and shrub seed for conservation and research purposes. This involves ensuring the known origin and quality of the seed, collecting baseline data, and developing effective testing methods and procedures. Upon request, staff provide seed to researchers around the world. The Seed Centre also plays an active role in gene conservation of tree and shrub species native to Canada. The long-term goal is to store representative samples from throughout the natural ranges of all Canadian species.

Seed is procured in several ways. Many of the collections are made by Seed Centre staff but others are obtained through cooperation with other Canadian Forest Service Centres, provincial forest services, forest industries, and other agencies or through exchange, purchase or donation. Seed is collected from natural stands or plantations of known seed origin. The seed is normally collected in good seed years to ensure high genetic and physiological quality and from a number of trees in order to have a representative genetic sample of the population. The Centre has seed from over 100 Canadian tree and shrub species, as well as 100 exotic species for a total of over 11 000 individual seedlots.

Stored seed originates from natural stands and populations. It is these sources and information about the way the seedlots were collected that scientists and researchers are most interested in obtaining. Seed is collected from average quality stands and trees. No effort is made to collect from phenotypically superior trees. Conserving diversity is an important aspect. If genetically improved seed is requested, the client is directed to either provincial government or industry sources. As tree improvement programs involving the production of genetically improved seed continue to develop, little or no seed of commercial tree species will be collected from natural stands. Therefore, the Centre's collection will become increasingly valuable for gene conservation.

Seed requested and received from the NTSC from 1968-2001.



Dale Simpson and Bernard Daigle of CFS' National Tree Seed Centre, Fredericton, NB.

The Centre stores small quantities of seed from many sources representing many species. A typical collection would consist of about 100 grams: 5 000 - 50 000 seed depending on the species. On the other hand, provincial government seed centres store large quantities (hundreds of kilograms) of seed from fewer numbers of commercial species. This is because provincial government seed centres provide seed for reforestation programs involving millions of seedlings whereas the NTSC only provides small quantities (500 - 1 000 seed) for research.

The NTSC is a well-known supplier of seed for research and requests for seed are received from around the world. Researchers from provincial and federal government agencies and universities are the principal clients. Seed has been used for a number of diverse projects, such as species introduction, provenance trials, isozyme studies, germination tests, molecular investigations, and tissue culture, to name a few. Most seed is shipped to Canadian clients, however, about 20% of the requests are received from foreign countries. Seed has been shipped to over 50 countries on all continents except Antarctica (see map).

Seed is primarily requested from Canadian species and about 80% of the seed provided is from native species. The remainder is from non-native species that the Seed Centre acquired over the years. As these non-native seedlots are exhausted they will not be replaced. If a request cannot be provided, the client is directed to other seed centres that have that material in storage.

Gene conservation is an important aspect of the Centre's work. As natural stands are harvested the sites are increasingly being reforested with genetically improved seedlings grown from seed collected in seed

Continues on page 7

continued from page 2... Managing Mountain Pine Beetle Populations in British Columbia

individual stands, and large increases in infested areas occur annually. Due to the sheer number of beetles, populations are very resilient and can rebound even following large-scale mortality. In the absence of a significant, unseasonably cold winter, outbreaks will kill the large-diameter trees first, then beetles move into progresively smaller diameter classes until most mature pine trees > 15cm diameter have been killed. An outbreak collapses when the supply of suitable hosts is exhausted.

Mountain pine beetle populations initially appear to grow relatively slowly. The question arises: What level of control must be achieved and how often, to slow or stop an increasing population? The general concept is straightforward. To maintain a static population you must remove a proportion of infested trees in each year equivalent to 1-1/R. In other words, if the population is tripling (R = 3), then two-thirds of all infested trees would have to be destroyed before the flight period each year. Obviously, to reduce the population, the removal rate must exceed two-thirds in this example.

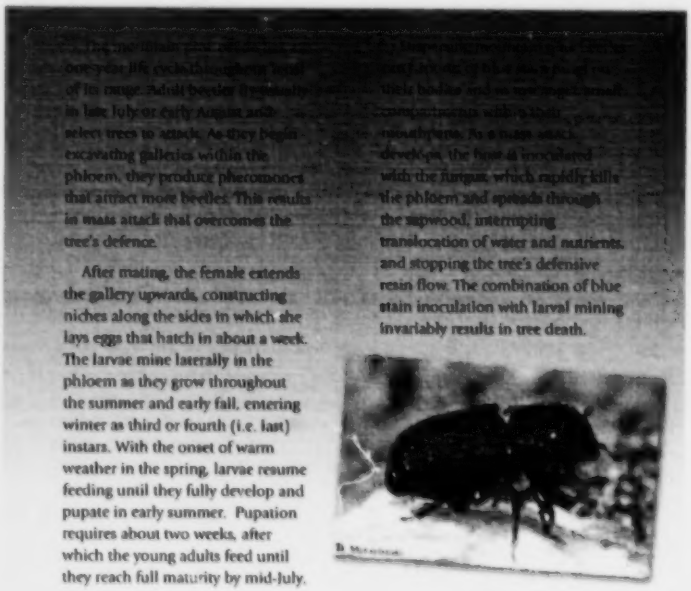
With the above concept in mind, forest managers need to consider their control efforts in light of the four stages of infestation. Management efforts will have their greatest impact on an endemic population. Relative to the potential rate of increase and the number of trees involved, removal of any of the infested stems would suppress the population, and perhaps even cause local extinction.

Depending on the size, number, and accessibility of areas involved, incipient infestations may still be amenable to control. Infested trees can be salvaged or subjected to direct control methods such as harvest, fell-and-burn, peeling, or pesticide monosodium methanearsonate (MSMA) treatment. Such treatments may provide the manager with opportunities to re-establish a mosaic of age classes and species diversity. Unless the population is eliminated or reduced to endemic levels, the detection and treatment must be repeated annually to prevent outbreak.

An incipient population may take only two to three years to develop into a full outbreak. The number of trees killed annually is often in the millions and may encompass hundreds of thousands of hectares. The rate of increase may not be more than that of an incipient population, but its sheer size renders most management tactics ineffective. Large-scale outbreaks potentially set the stage for another similar event some years in the future, as the residual trees or regeneration reach maturity simultaneously.

The current outbreak is beyond control, but how does the future look?

Long-term impact of the mountain pine beetle can only be mitigated if we shift our focus away from the beetle and on to management of the host resource. We cannot do anything about the first requirement for an outbreak - sustained favorable weather - but we can certainly affect the availability of susceptible hosts. Because approximately two-thirds of the lodgepole pine in BC is ≥80 years old and thereby susceptible to the mountain pine beetle, large-scale outbreaks are very likely in the future. Although we may argue the reasons why the present age-class distribution for lodgepole pine may be skewed, it is virtually axiomatic that if we can manage our forests to achieve a species mix and age distribution similar to the one we would expect from more frequent wildfires, the potential for large mountain pine beetle outbreaks would be dramatically reduced.



one-year life cycle throughout most of its range. Adult beetles fly mostly in late July or early August and select trees to attack. As they begin excavating galleries within the phloem, they produce pheromones that attract more beetles. This results in mass attack that overcomes the tree's defence.

After mating, the female extends the gallery upwards, constructing niches along the sides in which she lays eggs that hatch in about a week. The larvae mine laterally in the phloem as they grow throughout the summer and early fall, entering winter as third or fourth (i.e. last) instars. With the onset of warm weather in the spring, larvae resume feeding until they fully develop and pupate in early summer. Pupation requires about two weeks, after which the young adults feed until they reach full maturity by mid-July.

...with the fungus, which rapidly kills the phloem and spreads through the sapwood, interrupting translocation of water and nutrients, and stopping the tree's defensive resin flow. The combination of blue stain inoculation with larval mining invariably results in tree death.

Allan Carroll and Doug Linton
Pacific Forestry Centre

continued from page 2... Managing Mountain Pine Beetle Populations in British Columbia

individual stands, and large increases in infested areas occur annually. Due to the sheer number of beetles, populations are very resilient and can rebound even following large-scale mortality. In the absence of a significant, unseasonably cold winter, outbreaks will kill the large diameter trees first, then beetles move into progressively smaller diameter classes until most mature pine trees > 15cm diameter have been killed. An outbreak collapses when the supply of suitable hosts is exhausted.

Mountain pine beetle populations initially appear to grow relatively slowly. The question arises: What level of control must be achieved and how often, to slow or stop an increasing population? The general concept is straightforward. To maintain a static population you must remove a proportion of infested trees in each year equivalent to 1-1/R. In other words, if the population is tripling (R = 3), then two-thirds of all infested trees would have to be destroyed before the flight period each year. Obviously, to reduce the population, the removal rate must exceed two-thirds in this example.

With the above concept in mind, forest managers need to consider their control efforts in light of the four stages of infestation. Management efforts will have their greatest impact on an endemic population. Relative to the potential rate of increase and the number of trees involved, removal of any of the infested stems would suppress the population, and perhaps even cause local extinction.

Depending on the size, number, and accessibility of areas involved, incipient infestations may still be amenable to control. Infested trees can be salvaged or subjected to direct control methods such as harvest, fell-and-burn, peeling, or pesticide monosodium methanearsonate (MSMA) treatment. Such treatments may provide the manager with opportunities to re-establish a mosaic of age classes and species diversity. Unless the population is eliminated or reduced to endemic levels, the detection and treatment must be repeated annually to prevent outbreak.

An incipient population may take only two to three years to develop into a full outbreak. The number of trees killed annually is often in the millions and may encompass hundreds of thousands of hectares. The rate of increase may not be more than that of an incipient population, but its sheer size renders most management tactics ineffective. Large-scale outbreaks potentially set the stage for another similar event some years in the future, as the residual trees or regeneration reach maturity simultaneously.

The current outbreak is beyond control, but how does the future look?

Long term impact of the mountain pine beetle can only be mitigated if we shift our focus away from the beetle and on to management of the host resource. We cannot do anything about the first requirement for an outbreak: sustained favorable weather - but we can certainly affect the availability of susceptible hosts. Because approximately two-thirds of the lodgepole pine in BC is ≥80 years old and thereby susceptible to the mountain pine beetle, large-scale outbreaks are very likely in the future. Although we may argue the reasons why the present age class distribution for lodgepole pine may be skewed, it is virtually axiomatic that if we can manage our forests to achieve a species mix and age distribution similar to the one we would expect from more frequent wildfires, the potential for large mountain pine beetle outbreaks would be dramatically reduced.

Allan Carroll and Doug Linton
Pacific Forestry Centre

The mountain pine beetle has a one-year life cycle throughout most of its range. Adult beetles fly usually in late July or early August and select trees to attack. As they begin excavating galleries within the phloem, they produce pheromones that attract more beetles. This results in mass attack that overcomes the tree's defence.

After mating, the female extends the gallery upwards, constructing niches along the sides in which she lays eggs that hatch in about a week. The larvae mine laterally in the phloem as they grow throughout the summer and early fall, entering winter as third or fourth (i.e. last) instars. With the onset of warm weather in the spring, larvae resume feeding until they fully develop and pupate in early summer. Pupation requires about two weeks, after which the young adults feed until they reach full maturity by mid-July.

Dispersing mountain pine beetles carry spores of blue stain fungi on their bodies and in mycangia, small compartments within their mouthparts. As a mass attack develops, the host is inoculated with the fungus, which rapidly kills the phloem and spreads through the sapwood, interrupting translocation of water and nutrients, and stopping the tree's defensive resin flow. The combination of blue stain inoculation with larval mining invariably results in tree death.

continued from page 1... Old-growth forests: a science perspective

genetic diversity. However, trying to understand what old forests looked like before European colonization is difficult, at least in eastern Canada, as was noted by several of the case-study speakers.

At the broadest scales, efforts are being made to characterise and map Canada's forests, including unmanaged stands. These efforts take on national and international significance as Canada participates in various international forestry conventions that subscribe to the importance of primary forest on a global basis. Difficulties arise in determining how to define primary old forests and map them at large scales. In preserving forest areas, Alton Harestad noted that the generally accepted figure of 12 percent has little biological basis, but rather is more related to what we, as a society, feel we can protect. This concept closely corroborated the point raised by Hamish Kimmins that old-growth is as much about a feeling, as it is about science.

Ian Thompson addresses a group during the old-growth symposium field tour.

The organizing committee is now sifting through the many contributions and working towards publishing a book based on the conference. Their objective is to have the book ready in time for the World Forestry Congress, to be held in Quebec City, September 21-28, 2003. The organizers were pleased with the outcome of the conference, and congratulate the participants and presenters for their insights and diligent preparations.

Ian D. Thompson
Great Lakes Forestry Centre

continued from page 3... Will Atmospheric Change Alter Forest Health and Growth Into the Future?

trends in leaf area index, with O_3 dominating the responses under the predicted future scenario for $CO_2 + O_3$. After exposure to elevated CO_2, the aboveground volume of aspen stands was 40 % above those grown at ambient CO_2 and there was no indication of a diminishing growth trend. In contrast, elevated O_3 resulted in a volume decrease of up to -27 % in four of five genotypes. What is particularly interesting is that in the CO_2+O_3 treatment, O_3 completely offset the growth enhancement by CO_2, both for O_3 sensitive and O_3 tolerant clones.

Work by CFS Forest Health scientists and US/UK colleagues in the *Aspen FACE Insects and Disease Working Group* has demonstrated that elevated CO_2 and O_3 caused changes to physical and defensive leaf chemistries at a scale important to insects and disease, and that these have in short order, affected pest performance as outlined in Table 1. We have shown that primary changes to aspen leaf cuticle have enhanced *Melampsora medusae* leaf rust infection five-fold under elevated O_3. When combined with O_3, CO_2 did not offset the negative effects of O_3 on general pest (insect and disease) status. The stimulation in antioxidant production due to O_3 is indicative of the well-described "wounding response". Increased tannin amounts due to O_3 and CO_2+O_3 also represent a defensive, phytochemical response. Sap-feeding aphid populations were generally increased due to CO_2, O_3 and CO_2+O_3 while aspen blotch miner decreased due to fumigation. In contrast, exposure to CO_2 did not alter performance of the forest tent caterpillar (*Malacosoma disstria*). Yet, O_3 increased forest tent performance. Wood borer activity tended to be stimulated due to CO_2, but not O_3.

Aspen FACE site, Wisconsin, USA.

The Aspen FACE results to which the CFS is a valued contributor suggest that favorable model predictions (derived from artificial, chambered studies) of enhanced growth and productivity probably overestimate field performance of trembling aspen. These new empirical data lend support to previous reports by CFS scientists on the important role of pest activity and forest health in determining carbon source/sink ratios in Canada's Boreal Forest. Given the counterintuitive effects documented at Aspen FACE to date, the complex interactions of elevated concentrations of CO_2 and O_3 and the changing climate in concert with associated biotic and abiotic stressors as reflected in NPP response, are unlikely to enhance aspen growth, survival and productivity in the future.

Operation of the Aspen FACE Project infrastructure has just been extended for another three years (2002-2005) with the awarding by the US Department of Energy of a grant ($2.9 million US) entitled *Genetic Differences and Resulting Life Histories Interact with Rapidly Rising Atmospheric CO_2 and O_3 to Control the Rate and Fate of Photosynthate Accumulation and the Cycling of C and N in Northern Forests* to D.F. Karnosky, K. S. Pregitzer (Michigan Technological University), D.R. Zak (University of Michigan), R.L. Lindroth (University of Wisconsin), M.E. Kubiske (USDA Forest Service-North Central), K.E. Percy (NRCAN, CFS-Atlantic Forestry Centre), G.R. Hendrey (US DOE-BNL) and J.D. Isebrands (USDA Forest Service-North Central).

Kevin Percy
Atlantic Forestry Centre

continued from page 4...National Tree Seed Centre

orchards. Therefore, with the exception of the NTSC staff and the Canadian Forest Service, little or no seed of commerical tree species is being collected from natural stands. Samples from natural stands and threatened or unique populations are stored to preserve the genes and provide a source of germplasm for future research or restoration. It is important to know that seed will remain viable a long time, especially when it is collected from unique populations or stands that may be threatened in some way, so it can be conserved for the future.

Storage temperature and seed moisture content are the most important factors influencing storage capability. There are generally two types of seed storage behavior in the temperate tree and shrub species. The first type involves orthodox seeds (tolerant to drying, sealing, and subfreezing storage) such as most conifers and small-seeded hardwoods. These are stored in airtight glass jars in walk-in freezers maintained at -20°C. Seed is dried to a moisture content of 5 - 8% before storage. In contrast, seed of some recalcitrant hardwood species (intolerant to drying, sealing and lower temperature storage) such as oak and silver maple cannot be stored for long because they can be neither dried nor frozen. This seed is stored at +4°C with some air exchange and collections are made frequently to maintain a viable supply.

Quality or viability of the seedlots is monitored by conducting germination tests. These tests are carried out according to prescribed rules and procedures. Due to the number of different species that are tested, a variety of pre-germination treatments must be employed in order to maximize germination. Seed is germinated in special boxes placed in cabinets where light, temperature, and humidity are strictly controlled.

Over the history of the Seed Centre, a tremendous volume of germination test data has been collected. Such a dataset is unique because of the number of tests conducted on hundreds of species and the fact that testing is repeated on seedlots over time. These data are important to demonstrate long-term storage potential. The table illustrates, for a number of species, how well seed retains viability when properly stored. Generally, seed of coniferous species can retain high viability for a long period of time. The exceptional storage capability of the two aspen species is quite remarkable because the seed is very small and is considered short lived. Balsam fir has the lowest storage capability of conifers. One reason for this is the difficulty in removing non-viable seed during the cleaning operation. Care must be taken during collection and processing so as not to stress or damage the seed.

The NTSC continues to play an important role in storing germplasm and providing seed for research. Storage of seed from throughout the natural ranges of tree and shrub species in Canada is a long-term goal because of its national mandate. As well, collaboration with other seed centres in Canada and other countries will continue to strengthen the Centre's role in research and conservation.

Dale Simpson
Atlantic Forestry Centre

Species	Years in Storage	Germination (%)
Acer rubrum (red maple)	14	92
A. saccharum (sugar maple)	12	72
Betula alleghaniensis (yellow birch)	28	85
Populus grandidentata (largetooth aspen)	32	63
P. tremuloides (trembling aspen)	29	72
Abies balsamea (balsam fir)	21	73
Larix laricina (tamarack)	18	92
Picea glauca (white spruce)	33	92
P. mariana (black spruce)	30	95
P. rubens (red spruce)	45	80
P. sitchensis (Sitka spruce)	31	92
Pinus banksiana (jack pine)	40	87
P. contorta var. *latifolia* (lodgepole pine)	33	90
P. resinosa (red pine)	42	83
P. strobus (white pine)	23	97

Germination of seed from older, best quality seedlot of several deciduous and coniferous species stored at -20°C at the National Tree Seed Centre.

CFS Centres

Canadian Forest Service
Headquarters
580 Booth Street, 8th Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0E4
(613) 947-9060
(613) 947-9015

Canadian Forest Service
Atlantic Forestry Centre
P.O. Box 4000
Fredericton, NB
E3B 5P7
(506) 452-3500
and
P.O. Box 960
Corner Brook, NF
A2H 6J3
(709) 637-4900

Canadian Forest Service
Laurentian Forestry Centre
1055 du P.E.P.S.
P.O. Box 3800
Sainte-Foy, PQ
G1V 4C7
(418) 648-3335

Canadian Forest Service
Great Lakes Forestry Centre
1219 Queen St. E.,
P.O. Box 490
Sault Ste. Marie, ON
P6A 5M7
(705) 759-5740

Canadian Forest Service
Northern Forestry Centre
5320 - 122 Street
Edmonton, Alberta
T6H 3S5
(780) 435-7210

Canadian Forest Service
Pacific Forestry Centre
506 West Burnside Rd.
Victoria, BC
V8Z 1M5
(250) 363-0600

FYI

Volume 6 No. 1 - Spring 2002
ISSN 1206-7210

Forest Health and Biodiversity News is published regularly by the Atlantic Forestry Centre, Canadian Forest Service, Natural Resources Canada.

Correspondence and article submissions may be directed to:
Canadian Forest Service
Atlantic Forestry Centre
P.O. Box 4000
Fredericton, N.B., Canada
E3B 5P7

http://www.atl.cfs.NRCan.gc.ca

Printed in Canada on
Sun Remo Plus + Gloss
a 50% recycled paper containing
10% post-consumer waste.

© Her majesty the Queen in Right of Canada, 2002

Volume 6, N°.1, printemps 2002

Santé & biodiversité des forêts Nouvelles
Service canadien des forêts

Les forêts anciennes : un point de vue scientifique - résultats préliminaires de la conférence

Le Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada, en partenariat avec le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Domtar, Tembec, Abitibi Consolidated, le Réseau des forêts modèles et l'organisme Upper Lakes Environmental Research Network (ULERN), a tenu un symposium sur les forêts anciennes du Canada. Cet événement s'est déroulé du 15 au 19 octobre 2001 à Sault Ste. Marie, en Ontario.

Cette réunion avait pour but de présenter les travaux scientifiques sur les forêts anciennes réalisés au Canada au cours des dix dernières années. Elle visait également la production d'un ouvrage de référence qui fournirait aux chercheurs les toutes dernières connaissances sur les forêts anciennes et qui servirait de source d'information aux gestionnaires et aux décideurs. Quelque 200 délégués, venant de presque toutes les provinces canadiennes, des États-Unis, d'Europe et du Japon ont participé au symposium. Les milieux gouvernementaux, universitaires et industriels de même que les organismes non gouvernementaux étaient d'ailleurs bien représentés (56, 26, 9 et 9 pour cent respectivement). Figuraient au programme du symposium des communications sollicitées données dans le cadre de séances plénières, des communications offertes, des ateliers, un débat d'experts ainsi que la visite de deux zones de forêts anciennes, laquelle a connu beaucoup de succès.

Cathedral Grove, île de Vancouver. Photo de forêt ancienne gagnante prise par Barbara Carroll, Upper Kingsclear (Nouveau-Brunswick).

À l'instar de toute réunion scientifique, cette conférence a suscité bon nombre de discussions, d'accords et de désaccords. Néanmoins, les délégués se sont mis d'accord sur plusieurs questions. De plus, les conférenciers invités ont fourni diverses descriptions des forêts anciennes et de leurs caractéristiques. Ces exposés ont été bien reçus. Dans l'ensemble, les délégués se sont entendus pour dire qu'il importe de faire la distinction entre les forêts primaires (jamais exploitées) et les forêts secondaires (exploitées mais régénérées), que les deux types peuvent devenir des forêts anciennes sans toutefois afficher les mêmes qualités ou les mêmes processus et qu'il faut préserver les processus naturels dans les forêts primaires à titre de référence.

Dans le cas des forêts primaires, les processus se poursuivraient sans fin, même après que des perturbations naturelles aient éliminé les vieux arbres d'origine. Lee Frelich a soutenu que la taille (ou le paysage) de telles réserves de forêts primaires devraient être déterminée en fonction de l'envergure des processus naturels qui ont lieu au sein d'un type forestier donné. De nombreux délégués ont indiqué que la « forêt ancienne » n'est pas un état statique, mais qu'il s'agit plutôt d'un continuum et que, pour chaque type forestier, cet état peut s'échelonner sur des périodes de temps différentes.

Plusieurs auteurs ont fait observer que certaines régions du pays renfermaient de moins en moins de forêts anciennes, tandis que d'autres régions en comptaient un grand nombre. Par exemple, à l'Île-du-Prince-Édouard, pratiquement toute la forêt ancienne a disparu, tandis qu'en Colombie-Britannique, on retrouve encore de vastes régions portant de vieux peuplements. Maints auteurs ont pu établir un lien entre l'importance de la forêt ancienne et le maintien de la biodiversité à l'échelle régionale. À cet égard, Alex Mosseler et Al Gordon ont souligné que les anciennes forêts naturelles constituent une source de vaste diversité génétique à l'échelle locale. Cependant, comme l'ont indiqué plusieurs des conférenciers lors de la séance d'étude de cas, il est difficile de s'imaginer à quoi ressemblaient les forêts anciennes avant la colonisation européenne, du

Suite à la page 6

Sommaire

La lutte contre les populations de dendroctones du pin en Colombie-Britannique 2

Les changements atmosphérique nuiront-ils à la santé et à la croissance futures des forêts? 3

Le Centre national de semences forestières 4

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Canada

La lutte contre les populations de dendroctones du pin en Colombie-Britannique

Le dendroctone du pin ponderosa (*Dendroctonus ponderosae* Hopk.) est un insecte indigène très répandu dans l'ouest de l'Amérique du Nord, soit du nord du Mexique jusqu'au nord de la Colombie-Britannique et de l'Alberta, en passant par l'ouest des États-Unis, et s'étendant vers l'est jusqu'à Cypress Hills, en Saskatchewan. D'un bout à l'autre de son aire de répartition, il se reproduit dans pratiquement toutes les essences indigènes ou introduites de pin, mais, au Canada, son principal hôte est le pin tordu latifolié (Pinus contorta var. latifolia Engelm.). Les populations de dendroctones ont maintenant atteint un niveau épidémique dans la majeure partie du centre de la Colombie-Britannique et la mortalité des arbres qui en résulte compromet les efforts déployés en vue d'assurer l'aménagement durable des forêts.

L'épidémie en cours n'est pas la première de son genre. En effet, à la fin des années 70 et au début des années 80, une importante flambée épidémique s'est propagée dans tout le plateau du Chilcotin, et, entre 1910 et 1960, d'autres régions de la province ont subi des flambées similaires. Les populations actuelles ont commencé à se développer en 1992 et croissent à un rythme stupéfiant depuis 1998. Elles ont décimé quelque 600 000 ha de pins tordus sur une superficie de plus de 5,7 millions d'hectares entre Smithers et Quesnel.

La survenue d'une épidemie de dendroctones dépend de deux conditions essentielles. D'une part, la température doit être favorable pendant une période soutenue s'échelonnant sur plusieurs années. D'autre part, il doit y avoir une grande quantité d'hôtes susceptibles. Ces deux conditions existent présentement dans le centre de la Colombie-Britannique.

Pour atteindre rapidement le niveau épidémique, les populations de dendroctones du pin doivent maintenir leur cycle de vie univoltin. Si des conditions climatiques fraîches forcent les coléoptères à perdre leur synchronie avec l'hôte, ceux-ci doivent passer l'hiver à un stade où ils sont sensibles au froid, ce qui donne lieu à une mortalité élevée au sein des populations. On a examiné le nombre total de degrés-jours à Smithers, à Burns et à Quesnel et on a constaté que, depuis 1995, les totaux dans toutes les régions avaient excédé 833 degrés-jours au-dessus de 5,6 °C, le minimum requis pour le cycle univoltin.

Même si les populations parviennent à maintenir leur synchronisme, elles subiront une mortalité considérable en hiver si la température sous l'écorce baisse à -40° C. En effet, le froid provoque la plus grande mortalité au début de l'hiver, avant que les coléoptères ne puissent développer leur résistance au froid, ou au début du printemps, quand ils commencent à s'activer. La flambée du Chilcotin s'est effondrée par suite de périodes de grand froid (-35° C) à la fin de l'automne et au début de l'hiver de 1984 et de 1985. Malheureusement, au cours des cinq à six dernières années, le centre de la Colombie-Britannique n'a connu aucun froid extrême hors saison. Par conséquent, la mortalité hivernale n'a pas contribué à réduire substantiellement l'épidémie en cours. L'incidence du climat remet en évidence la mesure dans laquelle le changement climatique mondial pourrait influer sur la dynamique des populations d'insectes.

Photo aérienne d'une flambée du dendroctone en Colombie-Britannique.

Dans les trois zones biogéoclimatiques où le pin tordu est l'essence dominante en Colombie-Britannique, pratiquement les deux tiers des peuplements ont plus de 80 ans, et, par conséquent, sont susceptibles de subir une attaque du dendroctone. Par ailleurs, il est intéressant de noter que la répartition actuelle des classes d'âge pourrait se situer à l'extérieur de la plage normale de variabilité. En fait, selon une répartition obtenue en supposant une récurrence des feux de 100 ans (généralement acceptée dans le cas du pin tordu), seulement environ le tiers des peuplements serait dans la plage susceptible. Bon nombre des peuplements existants sont des monocultures de pins équiennes à densité relative excessive. Dans bien des cas, ils résultent du défrichement à grande échelle des terres à des fins d'exploitation agricole, de l'exploitation de peuplements à fort rendement économique de Douglas taxifoliés ou de mélèzes ainsi que d'incendies survenus à la fin des années 1800 et au début des années 1900. À mesure que ces peuplements grandissaient, de concert avec les peuplements naturels existants, ils ont été protégés du feu, et en général, ils n'ont été soumis à aucun traitement sylvicole.

Le cycle d'infestation du dendroctone du pin comporte quatre stades distincts, soit la population endémique, la population de pré-épidémique, la flambée épidémique et l'effondrement. Le stade normal entre deux épidémies est celui de la population endémique, c'est-à-dire celui où les populations consistent en un petit nombre de coléoptères très dispersés qui se trouvent habituellement dans des arbres affaiblis ou mourants. Des facteurs naturels, tels la résistance des hôtes, les ennemis naturels, la température ainsi que la concurrence intraspécifique et interspécifique, empêchent les populations de croître. Celles-ci atteignent le stade de la pré-épidémique après avoir surmonté les mécanismes naturels de lutte et après avoir généré assez de coléoptères dans les peuplements pour surmonter la résistance des arbres moyens de gros diamètre. La survie des couvées est optimale dans les grands arbres. Les infestations pré-épidémiques se manifestent souvent dans des groupes d'arbres dont la santé ou la résistance sont affaiblis en raison de facteurs tels que les fluctuations du niveau de la nappe phréatique, les inondations périodiques ou la présence d'îlots de pourridié. Dans chacun de ces cas, le taux de survie des couvées pourrait augmenter sensiblement. En présence d'un grand nombre d'arbres hôtes d'âge et de taille adéquats et grâce au maintien de conditions climatiques

Suite à la page 5

Les changements atmosphériques nuiront-ils à la santé et à la croissance futures des forêts?

Quel effet les changements atmosphériques auront-ils sur la santé, la croissance et la productivité des forêts au cours du 21e siècle? Le Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques (GICC) a confirmé récemment que les concentrations de CO_2 atmosphérique avaient augmenté de près de 30 p. 100 depuis la fin de l'ère préindustrielle, surtout à cause de la combustion de carburant fossile. En même temps, les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) et de composés organiques volatils ont contribué à accroître les concentrations de fond d'ozone troposphérique (O_3), polluant atmosphérique phytotoxique. Celui-ci présente maintenant un risque pour plus de 29 p. 100 (5 300 000 kilomètres carrés) des forêts tempérées et subpolaires. Cette proportion devrait atteindre les 60 p. 100 (11 millions de kilomètres carrés) d'ici 2100. Au Canada, les concentrations moyennes de O_3 sur trois ans ont affiché une baisse constante entre 1991 (70 µl/l) et 1994 (65 µl/l). Depuis, elles ont augmenté constamment pour atteindre de nouveau 70 µl/l en 1999. Le GICC prévoit pour le 21e siècle d'autres hausses des niveaux de CO_2 à raison de 2 p. 100 par année, et de O_3 de l'ordre de 12 à 60 p. 100 dans certaines régions.

Des essais de fumigation réalisés en milieu contrôlé révèlent que des concentrations élevées de CO_2 et de O_3 ont des effets contraires sur les arbres. Les concentrations élevées de CO_2 stimulent la croissance aérienne et souterraine et elles retardent la sénescence des feuilles. Les arbres qui poussent dans de telles conditions ont de faibles concentrations d'azote foliaire et une quantité moindre de composés de défense. Contrairement aux effets très bénéfiques du CO_2, le O_3 nuit à la croissance des arbres et à la productivité des forêts. On a remarqué que l'ozone entraîne des blessures foliaires, accélère la sénescence des feuilles, ralentit la photosynthèse, modifie l'allocation de carbone et entraye la croissance, surtout dans le cas de deux des essences canadiennes les plus répandues, à savoir le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.) et le bouleau à papier (*Betula papyrifera* March.). Jusqu'en 1997, on avait fait peu de recherches sur l'impact simultané de ces gaz à effet de serre. Même aujourd'hui, on ne comprend pas tout à fait comment l'interaction entre le CO_2 et le O_3 influera sur la composition et le rôle des écosystèmes forestiers.

Depuis 1997, des chercheurs du Réseau sur la santé et la biodiversité des forêts du Service canadien des forêts (Centres de l'Atlantique, des Grands Lacs et du Pacifique) collaborent à un projet multidisciplinaire mettant à contribution plusieurs organismes et 55 chercheurs de huit pays. Il s'agit du projet d'enrichissement en dioxyde de carbone à l'air libre, Aspen-FACE (Free Air Carbon Enrichment), le premier de la sorte qui vise à examiner la réaction des arbres forestiers à l'interaction entre le CO_2 et le O_3. Amorcé en 1997 pour étudier l'incidence de la présence simultanée de ces gaz à effet de serre sur les forêts nouvellement plantées du Nord en ce qui a trait à la séquestration du carbone, aux processus physiologiques, à la croissance et à la productivité, à la dynamique des peuplements, aux interactions avec les ravageurs et les processus des écosystèmes, à la décomposition des minéraux et au cycle des éléments nutritifs, il constitue un élément clé du Programme international de biosphère-géosphère.

L'expérience est effectuée dans 12 parcelles circulaires de 30 m de diamètre sur un terrain de 32 hectares dans le nord du Wisconsin, aux États-Unis. Ces parcelles sont exposées aux traitements suivants : concentration élevée de CO_2 [concentration ambiante et 560 l/l (concentration ambiante + 200 l/l)], concentration élevée de O_3 [1,5 x la concentration ambiante (environ 50 µl/l 12 heures en moyenne par jour durant la saison de croissance)], et concentration élevée de CO_2+O_3. Dans chacune des parcelles, on a planté, à intervalle de 1 x 1 m, des communautés de peuplier faux-tremble (cinq génotypes), de peuplier faux-tremble et de bouleau à papier ainsi que des communautés de peuplier faux-tremble et d'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.). De 1996 à 2001, le projet Aspen FACE a été subventionné essentiellement par le US Department of Energy (2,6 millions de dollars US) et par des organismes associés (4,7 millions de dollars US), soit le US Forest Service Northern Global Change Program, la Michigan Technological University, USDA Research Initiatives, la US National Science Foundation, le UK Natural Environmental Research Council, la British Ecological Society et la Praxair Foundation. La participation canadienne a été rendue possible grâce à une subvention s'échelonnant sur trois ans versé par le Programme de recherche et développement en énergie (PRDE) et grâce aux fonds de fonctionnement attribués par l'entremise des Réseaux du Service canadien des forêts sur la santé, la biodiversité et les changements climatiques.

Après les trois premières années (1998-2000) de fumigation, l'éventail des réactions de la jeune forêt à des concentrations élevées de CO_2 ou de O_3 ou des deux est remarquablement uniforme entre les essences et les génotypes dont la tolérance au O_3 varie. La photosynthèse du couvert de peuplier faux-tremble a été fortement stimulée par le CO_2 et fortement ralentie par l'O_3, ce qui a entraîné des tendances semblables en ce qui concerne l'indice de surface foliaire. L'O_3 a eu l'effet dominant dans les parcelles exposées aux deux gaz à doses élevées. Après avoir été exposé à des concentrations élevées de CO_2, le volume aérien des peuplements de peuplier faux-tremble était supérieure de 40 p.

Tableau 1

	CO_2	O_3	CO_2+O_3
Productivité			
Photosynthèse de l'ensemble du couvert (Amax)	↑↑	↓↓	aucun changement
Indice de surface foliaire	↑	↓	aucun changement
Croissance du volume	↑	↓	aucun changement
Azote foliaire	↓	aucun changement	↓
Défense			
Antioxydants	↓	↑	↓
Tannins	aucun changement	↑	↑
Glycosides phénoliques	↑	↓	aucun changement
Mouillabilité de la feuille	aucun changement	↑↑	↑
Ravageurs			
Rouille de la feuille attribuable à *Melampsora*	aucun changement	↑↑	↑↑
Mineuse du tremble	↓	↑	↓
Puceron du peuplier faux-tremble	↑	↑	↑
Livrée des forêts	aucun changement	↑	aucun changement
Perceurs de bois *Oberea*	↑	aucun changement	↑
Productivité primaire nette (P.P.N.)			
P.N.N.	↑	↓	aucun changement

Source: Karnosky et. coll. (2002)

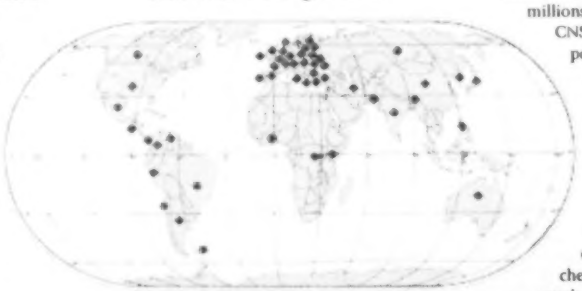
Suite à la page 6

Le Centre national de semences forestières

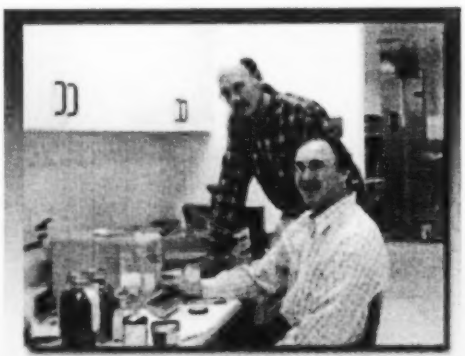
Le Centre national de semences forestières (CNSF), situé au Centre de foresterie de l'Atlantique du Service canadien des forêts, à Fredericton, au Nouveau-Brunswick, a été créé il y environ 35 ans dans le but d'acquérir, d'entreposer et de distribuer, sans frais, des semences à des fins de recherche. Il s'agit du seul centre de semences au Canada ayant un mandat national concernant l'acquisition et l'entreposage de semences d'arbres et d'arbrisseaux qui soit axé sur la conservation et la recherche. De telles fins nécessitent qu'on connaisse l'origine et la qualité des semences, qu'on recueille des données de référence et qu'on mette au point des méthodes efficaces de mise à l'essai. Le personnel du Centre fournit, sur demande, des semences aux chercheurs du monde entier. Il joue également un rôle actif dans le domaine de la conservation des gènes d'espèces indigènes d'arbres et d'arbrisseaux. Le but à long terme du Centre consiste à entreposer des échantillons représentatifs de l'ensemble des aires naturelles de toutes les espèces canadiennes.

Les semences sont acquises de plusieurs façons. Bon nombre des récoltes sont faites par le personnel du Centre. D'autres proviennent des collaborateurs d'autres centres du Service canadien des forêts, des services provinciaux des forêts, des industries forestières et d'autres organismes, grâce à des échanges, à des achats ou à des dons. Les semences proviennent de peuplements naturels ou de plantations d'origine connue. On les récolte normalement dans de bonnes années semencières pour s'assurer qu'elles soient d'excellente qualité sur le plan de la génétique et de la physiologie et qu'elles représentent un échantillon génétique convenable de la population. Des semences sont aussi récoltées sur des arbres individuels. Le Centre possède des semences de plus d'une centaine d'espèces d'arbres et d'arbrisseaux canadiens ainsi que de 100 espèces exotiques, ce qui totalise plus de 11 000 lots de semences.

Les semences entreposées proviennent de populations et de peuplements naturels. C'est justement ces sources ainsi que les renseignements sur la façon dont les lots de semences ont été récoltés qui intéressent le plus les scientifiques et les chercheurs. La conservation de la diversité est importante. Les semences sont récoltées d'arbres de qualité moyenne dans des peuplements de qualité moyenne. On ne déploie aucun effort pour essayer de les tirer d'arbres de phénotype supérieur. Si un client demande des semences génétiquement améliorées, on le dirige vers des sources du gouvernement provincial ou de l'industrie. À mesure que les programmes d'amélioration des arbres forestiers nécessitant la production de semences génétiquement améliorées continueront à prendre de l'ampleur, on récoltera de moins en moins de semences d'essences forestières commerciales dans des peuplements naturels. Par conséquent, la collection du Centre prendra de plus en plus de valeur et d'importance en ce qui a trait à la conservation des gènes.



Semences demandées au CNSF et reçues de celui-ci de 1968 à 2001.



Dale Simpson et Bernard Daigle du Centre national de semences forestières du SCF, à Fredericton (Nouveau-Brunswick).

Le Centre entrepose de petites quantités de semences provenant de nombreuses sources et représentant bon nombre d'espèces. Par exemple, une collection type consisterait en une centaine de grammes, soit entre 5 000 et 50 000 graines, selon l'espèce. Quant aux centres de semences des gouvernements provinciaux, ils entreposent de grandes quantités, à savoir des centaines de kilogrammes, de semences d'un moins grand nombre d'espèces commerciales. Cette situation s'explique par le fait que ces centres fournissent les semences destinées aux programmes de reboisement, lesquels nécessitent des millions de semis, tandis que le CNSF ne réserve que de petites quantités (500 - 1 000 graines) pour les besoins de la recherche.

Le CNSF est un fournisseur reconnu de semences dans le milieu de la recherche et il reçoit des demandes de partout dans le monde. Les chercheurs des organismes provinciaux et fédéraux ainsi que des universités en sont les principaux clients. Ces semences servent à la réalisation de divers projets, notamment des essais sur l'introduction des espèces et la comparaison de provenances, des études isoenzymatiques, des essais de germination, des analyses moléculaires, des cultures de tissu, pour n'en nommer que quelques-uns. La plupart des semences sont expédiées à des clients canadiens. Toutefois, environ 20 p. 100 des demandes viennent de l'étranger. Des semences ont été expédiées dans plus de 50 pays de tous les continents, sauf l'Antarctique (voir la carte).

Les semences d'espèces canadiennes sont les plus demandées et environ 80 p. 100 des semences fournies sont celles d'espèces indigènes. Le reste se compose de semences d'espèces exotiques que le Centre a acquises au fil des ans. Ces lots de semences ne seront pas remplacés une fois qu'ils seront épuisés. Si le Centre ne peut pas répondre à la demande d'un client, il dirigera ce dernier vers d'autres centres de semences qui ont le matériel voulu en stock.

La conservation des gènes est un aspect important du travail du Centre. Les peuplements naturels, à mesure qu'ils sont exploités, sont de plus en plus reboisés avec des semis génétiquement améliorés provenant de semences récoltées dans des vergers à

Suite à la page 7

suite de la page 2... La lutte contre les populations de dendroctones du pin en Colombie-Britannique

favorables, les infestations pré-épidémiques progresseront jusqu'au stade de l'épidémie.

Les flambées s'étendent sur tout le paysage et ne se confinent pas à des peuplements individuels. Elles donnent lieu à une augmentation annuelle importante de la superficie des secteurs infestés. En raison du nombre élevé de coléoptères, les populations épidémiques sont très résilientes et peuvent facilement se reconstituer après un épisode de mortalité importante à grande échelle. Sans un hiver beaucoup plus froid que la normale, les épidémies tueront d'abord les arbres de gros diamètre, puis s'attaqueront progressivement à ceux de diamètre inférieur jusqu'à ce que la majeure partie des pins de plus de 15 cm de diamètre arrivés à maturité aient été décimés. L'épidémie s'effondre quand l'approvisionnement en hôtes adéquats est épuisé.

Au début, les populations de dendroctones se développent relativement lentement, ce qui soulève la question suivante : Dans quelle mesure et à quelle fréquence faut-il contrôler ce ravageur afin de ralentir ou d'arrêter la croissance de la population? Le concept général est simple. Pour empêcher la population de se propager, il faut éliminer, chaque année, une partie des arbres infestés selon un rapport de 1-1/R. Autrement dit, si la population est en train de tripler (R = 3), il faudrait éliminer, chaque année, les deux tiers de tous les arbres infestés avant la période d'envol. Évidemment, dans cet exemple, pour supprimer l'infestation, il faut retirer plus que les deux tiers des arbres.

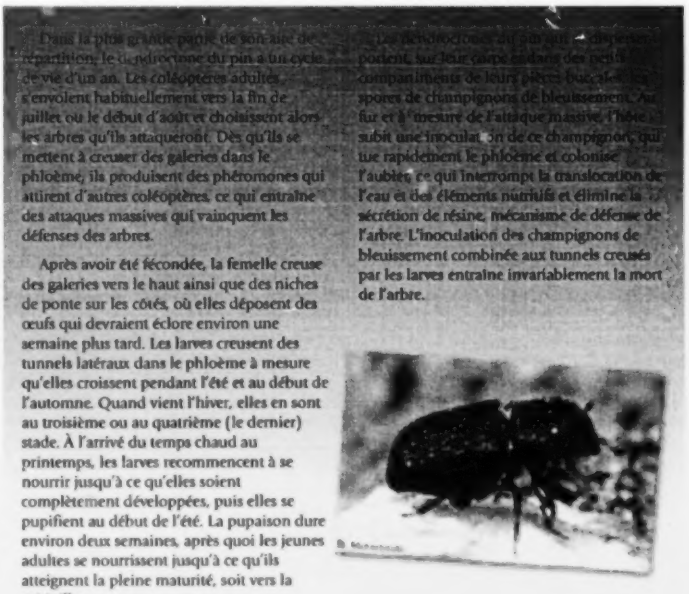
À la lumière du concept susmentionné, les aménagistes forestiers doivent tenir compte, dans leurs activités de lutte, de chacun des quatre stades d'infestation. C'est sur la population endémique que ces activités sont le plus efficaces. L'élimination des troncs infestés, en fonction du taux d'accroissement prévu et du nombre d'arbres en jeu, supprimerait la population et pourrait peut-être même entrainer l'extinction à l'échelle locale.

Selon la taille, le nombre et l'accessibilité des régions touchées, il peut être possible de contrôler les infestations pré-épidémiques. Les arbres infestés peuvent être récupérés ou soumis à des méthodes de lutte directe telles que la récolte, l'abattage et le brûlage, l'écorçage ou le traitement à l'hydrogéno-méthylarsinate de sodium (MSMA). De tels traitements peuvent donner à l'aménagiste l'occasion de rétablir une certaine diversité sur le plan des essences et des classes d'âge. À moins que la population ne soit éliminée ou réduite au niveau endémique, il faut, pour éviter la flambée, poursuivre les activités de détection et de traitement tous les ans.

Il peut ne s'écouler que deux ou trois années avant qu'une population pré-épidémique finisse par donner lieu à une flambée épidémique. Le nombre d'arbres tués par année atteint souvent les millions et représente des centaines de milliers d'hectares. Le taux d'accroissement à ce stade n'excède pas nécessairement celui qui caractérise la population pré-épidémique. Toutefois, l'ampleur même de la flambée rend inefficaces la plupart des tactiques de lutte. Les flambées à grande échelle ouvrent souvent la voie à d'autres événements semblables dans les années à venir étant donné que les arbres qui restent ou ceux de la régénération atteignent la maturité en même temps.

La flambée actuelle est hors de contrôle, mais que nous réserve l'avenir?

L'incidence à long terme du dendroctone ne pourra être atténuée que si nous concentrons nos efforts sur l'aménagement des arbres hôtes plutôt que sur le dendroctone. Nous n'avons aucune emprise sur le premier facteur nécessaire à la flambée, soit l'existence de conditions météorologiques favorables, mais nous avons certainement une influence sur la disponibilité des hôtes susceptibles de subir une attaque. Comme environ les deux tiers des pins tordus de la Colombie-Britannique ont plus de 80 ans et, par conséquent, sont susceptibles de subir une attaque du dendroctone du pin, il est très vraisemblable que des épidémies à grande échelle surviennent dans les années à venir. Bien qu'on puisse débattre des raisons expliquant pourquoi la répartition actuelle des classes d'âge du pin tordu est asymétrique, il reste que si on pouvait aménager les forêts de manière à obtenir une combinaison d'essences et une répartition des âges semblables à celles auxquelles on pourrait s'attendre par suite de feux de forêts plus fréquents, on réussirait à réduire considérablement les risques d'épidémies à grande échelle du dendroctone du pin.



Dans la plus grande partie de son aire de répartition, le dendroctone du pin a un cycle de vie d'un an. Les coléoptères adultes s'envolent habituellement vers la fin de juillet ou le début d'août et choisissent alors les arbres qu'ils attaqueront. Dès qu'ils se mettent à creuser des galeries dans le phloème, ils produisent des phéromones qui attirent d'autres coléoptères, ce qui entraîne des attaques massives qui vainquent les défenses des arbres.

Après avoir été fécondée, la femelle creuse des galeries vers le haut ainsi que des niches de ponte sur les côtés, où elles déposent des œufs qui devraient éclore environ une semaine plus tard. Les larves creusent des tunnels latéraux dans le phloème à mesure qu'elles croissent pendant l'été et au début de l'automne. Quand vient l'hiver, elles en sont au troisième ou au quatrième (le dernier) stade. À l'arrivé du temps chaud au printemps, les larves recommencent à se nourrir jusqu'à ce qu'elles soient complètement développées, puis elles se pupifient au début de l'été. La pupaison dure environ deux semaines, après quoi les jeunes adultes se nourrissent jusqu'à ce qu'ils atteignent la pleine maturité, soit vers la mi-juillet.

Les dendroctones du pin qui sont dispersés portent, sur leur corps et dans des petits compartiments de leurs pièces buccales, des spores de champignons de bleuissement. Au fur et à mesure de l'attaque massive, l'hôte subit une inoculation de ce champignon, qui tue rapidement le phloème et colonise l'aubier, ce qui interrompt la translocation de l'eau et des éléments nutritifs et élimine la sécrétion de résine, mécanisme de défense de l'arbre. L'inoculation des champignons de bleuissement combinée aux tunnels creusés par les larves entraine invariablement la mort de l'arbre.

Allan Carroll et Doug Linton
Centre de foresterie du Pacifique

suite de la page 2... La lutte contre les populations de dendroctones du pin en Colombie-Britannique

favorables, les infestations pré-épidémiques progresseront jusqu'au stade de l'épidémie.

Les flambées s'étendent sur tout le paysage et ne se confinent pas à des peuplements individuels. Elles donnent lieu à une augmentation annuelle importante de la superficie des secteurs infestés. En raison du nombre élevé de coléoptères, les populations épidémiques sont très résilientes et peuvent facilement se reconstituer après un épisode de mortalité importante à grande échelle. Sans un hiver beaucoup plus froid que la normale, les épidémies tueront d'abord les arbres de gros diamètre, puis s'attaqueront progressivement à ceux de diamètre inférieur jusqu'à ce que la majeure partie des pins de plus de 15 cm de diamètre arrivés à maturité aient été décimés. L'épidémie s'effondre quand l'approvisionnement en hôtes adéquats est épuisé.

Au début, les populations de dendroctones se développent relativement lentement, ce qui soulève la question suivante : Dans quelle mesure et à quelle fréquence faut-il contrôler ce ravageur afin de ralentir ou d'arrêter la croissance de la population? Le concept général est simple. Pour empêcher la population de se propager, il faut éliminer, chaque année, une partie des arbres infestés selon un rapport de 1-1/R. Autrement dit, si la population est en train de tripler (R = 3), il faudrait éliminer, chaque année, les deux tiers de tous les arbres infestés avant la période d'envol. Évidemment, dans cet exemple, pour supprimer l'infestation, il faut retirer plus que les deux tiers des arbres.

À la lumière du concept susmentionné, les aménagistes forestiers doivent tenir compte, dans leurs activités de lutte, de chacun des quatre stades d'infestation. C'est sur la population endémique que ces activités sont le plus efficaces. L'élimination des troncs infestés, en fonction du taux d'accroissement prévu et du nombre d'arbres en jeu, supprimerait la population et pourrait peut-être même entraîner l'extinction à l'échelle locale.

Selon la taille, le nombre et l'accessibilité des régions touchées, il peut être possible de contrôler les infestations pré-épidémiques. Les arbres infestés peuvent être récupérés ou soumis à des méthodes de lutte directe telles que la récolte, l'abattage et le brûlage, l'écorçage ou le traitement à l'hydrogéno-méthylarsinate de sodium (MSMA). De tels traitements peuvent donner à l'aménagiste l'occasion de rétablir une certaine diversité sur le plan des essences et des classes d'âge. À moins que la population ne soit éliminée ou réduite au niveau endémique, il faut, pour éviter la flambée, poursuivre les activités de détection et de traitement tous les ans.

Il peut ne s'écouler que deux ou trois années avant qu'une population pré-épidémique finisse par donner lieu à une flambée épidémique. Le nombre d'arbres tués par année atteint souvent les millions et représente des centaines de milliers d'hectares. Le taux d'accroissement à ce stade n'excède pas nécessairement celui qui caractérise la population pré-épidémique. Toutefois, l'ampleur même de la flambée rend inefficaces la plupart des tactiques de lutte. Les flambées à grande échelle ouvrent souvent la voie à d'autres événements semblables dans les années à venir étant donné que les arbres qui restent ou ceux de la régénération atteignent la maturité en même temps.

La flambée actuelle est hors de contrôle, mais que nous réserve l'avenir?

L'incidence à long terme du dendroctone ne pourra être atténuée que si nous concentrons nos efforts sur l'aménagement des arbres hôtes plutôt que sur le dendroctone. Nous n'avons aucune emprise sur le premier facteur nécessaire à la flambée, soit l'existence de conditions météorologiques favorables, mais nous avons certainement une influence sur la disponibilité des hôtes susceptibles de subir une attaque. Comme environ les deux tiers des pins tordus de la Colombie-Britannique ont plus de 80 ans et, par conséquent, sont susceptibles de subir une attaque du dendroctone du pin, il est très vraisemblable que des épidémies à grande échelle surviennent dans les années à venir. Bien qu'on puisse débattre des raisons expliquant pourquoi la répartition actuelle des classes d'âge du pin tordu est asymétrique, il reste que si on pouvait aménager les forêts de manière à obtenir une combinaison d'essences et une répartition des âges semblables à celles auxquelles on pourrait s'attendre par suite de feux de forêts plus fréquents, on réussirait à réduire considérablement les risques d'épidémies à grande échelle du dendroctone du pin.

Allan Carroll et Doug Linton
Centre de foresterie du Pacifique

Dans la plus grande partie de son aire de répartition, le dendroctone du pin a un cycle de vie d'un an. Les coléoptères adultes s'envolent habituellement vers la fin de juillet ou le début d'août et choisissent alors les arbres qu'ils attaqueront. Dès qu'ils se mettent à creuser des galeries dans le phloème, ils produisent des phéromones qui attirent d'autres coléoptères, ce qui entraîne des attaques massives qui vainquent les défenses des arbres.

Après avoir été fécondée, la femelle creuse des galeries vers le haut ainsi que des niches de ponte sur les côtés, où elles déposent des œufs qui devraient éclore environ une semaine plus tard. Les larves creusent des tunnels latéraux dans le phloème à mesure qu'elles croissent pendant l'été et au début de l'automne. Quand vient l'hiver, elles en sont au troisième ou au quatrième (le dernier) stade. À l'arrivé du temps chaud au printemps, les larves recommencent à se nourrir jusqu'à ce qu'elles soient complètement développées, puis elles se pupifient au début de l'été. La pupaison dure environ deux semaines, après quoi les jeunes adultes se nourrissent jusqu'à ce qu'ils atteignent la pleine maturité, soit vers la mi-juillet.

Les dendroctones du pin qui se dispersent portent, sur leur corps et dans des petits compartiments de leurs pièces buccales, les spores de champignons de bleuissement. Au fur et à mesure de l'attaque massive, l'hôte subit une inoculation de ce champignon, qui tue rapidement le phloème et colonise l'aubier, ce qui interrompt la translocation de l'eau et des éléments nutritifs et élimine la sécrétion de résine, mécanisme de défense de l'arbre. L'inoculation des champignons de bleuissement combinée aux tunnels creusés par les larves entraîne invariablement la mort de l'arbre.

suite de la page 1... Les forêts anciennes : un point de vue scientifique

moins dans l'est du Canada.

Pour ce qui est des efforts déployés à plus grande échelle, on s'emploie actuellement à dresser la liste des caractéristiques des forêts du Canada, y compris des peuplements non aménagés, et à en produire des cartes. Ces efforts ont une portée nationale et internationale du fait que le Canada participe à diverses conventions internationales sur les forêts qui mettent en valeur l'importance de la forêt primaire partout dans le monde. Toutefois, la façon de définir les forêts anciennes primaires et de produire des cartes à grande échelle pose des difficultés. Par ailleurs, Alton Harestad a indiqué que la proportion généralement acceptée de 12 p. 100, en matière de préservation des forêts, a peu de fondement biologique. Elle a plutôt rapport à la proportion que, nous, en tant que société, croyons être en mesure de protéger. Ce concept confirme largement le point soulevé par Hamish Kimmins, c'est-à-dire que la forêt ancienne tient autant des impressions que de la science.

Ian Thompson s'adresse à un groupe pendant la visite sur le terrain qui a eu lieu dans le cadre du symposium sur la forêt ancienne.

Les membres du comité organisateur sont à examiner les nombreuses communications et travaillent à la publication d'un ouvrage fondé sur les résultats de la conférence. Ils comptent avoir terminé cet ouvrage à temps pour le Congrès forestier mondial, qui aura lieu à Québec à la fin de 2003. Les organisateurs ont été satisfaits de l'issue de la conférence et ils félicitent les participants et les conférenciers de leur apport et des efforts qu'ils ont consacrés à la préparation de leurs exposés.

Ian D. Thompson
Centre de foresterie des Grands Lacs

suite de la page 3... Les changements atmosphériques nuiront-ils à la croissance futures des forêts?

100 à ceux qui avaient poussé à des concentrations ambiantes de CO_2 et la croissance ne semblait pas afficher de tendance à la baisse. En revanche, les concentrations élevées de O_3 ont causé une diminution du volume pouvant atteindre jusqu'à 27 p. 100 chez quatre des cinq génotypes. Il est particulièrement intéressant de noter que dans les cas où le traitement combinait le CO_2 et le O_3, ce dernier gaz annulait complètement les effets bénéfiques du CO_2 sur la croissance, tant chez les clones sensibles à l'ozone que chez ceux qui y étaient tolérants.

Les chercheurs du Réseau sur la santé des forêts du SCF et leurs collègues des États-Unis et du Royaume-Uni faisant partie du groupe de travail sur les maladies et les insectes du projet Aspen FACE (*Aspen FACE Insects and Disease Working Group*) ont démontré par leurs travaux que des concentrations élevées de CO_2 et de O_3 modifient la chimie des feuilles et celle de leurs mécanismes de défense de façon à modifier les performances des ravageurs, tel que présenté au tableau 1. On a montré que les changements initiaux qui affectent la cuticule de la feuille du peuplier faux-tremble soumis à des concentrations élevées de O_3 ont quintuplé la fréquence de la rouille des feuilles attribuable à *Melampsora medusae*. En outre, quand il a été combiné au O_3, le CO_2 n'a pas réussi à compenser les effets nuisibles de l'ozone sur l'état général des ravageurs (insectes et maladies). La stimulation de la production d'antioxydant découlant de O_3 est typique de la « réaction traumatique » si bien connue. Les quantités accrues de tannins résultant de la présence de O_3 et de CO_2+O_3 constituent une autre manifestation de la réaction phytochimique de défense. En général, les populations de pucerons ont augmenté par suite de l'exposition au CO_2, au O_3 et au CO_2+O_3 tandis que celles de la mineuse du tremble ont diminué par suite de la fumigation. Par contraste, l'exposition au CO_2 n'a pas modifié la performance de la livrée des forêts (*Malacosoma disstria*), alors que la présence de O_3 a contribué à l'améliorer. De même, l'activité des insectes perceurs a été stimulé par le CO_2, mais pas par le O_3.

Emplacement du projet Aspen FACE, au Wisconsin, aux États-Unis.

Les résultats obtenus dans le cadre du projet Aspen FACE, auquel le SFC fournit un apport précieux, laissent supposer que les prédictions favorables, faites à l'aide de modèles résultant d'études en milieu artificiel et contrôlé, concernant l'amélioration de la croissance et de la productivité surestiment probablement le rendement du peuplier faux-tremble sur le terrain. Ces nouvelles données empiriques soutiennent des rapports antérieurs présentés par des chercheurs du SCF sur le rôle important que jouent l'activité des ravageurs et l'état de santé des forêts dans la détermination des rapports entre les sources et les puits de carbone dans la forêt boréale du Canada. Étant donné les effets contre intuitifs documentés dans le cadre de l'expérience Aspen FACE jusqu'à présent, il est peu vraisemblable, que les interactions complexes entre les concentrations élevées de CO_2 et d' O_3 et les changements climatiques, de concert avec les agents de stress biotiques et abiotiques favorisent la croissance, la survie et la productivité du peuplier faux-tremble dans les années à venir, comme en témoigne la réaction de la productivité primaire nette.

On vient tout juste de prolonger de trois autres années les activités du projet Aspen FACE (2002-2005) grâce à l'attribution par le US Department of Energy d'une subvention de 2,9 millions de dollars US destinée à la réalisation d'un projet intitulé *Genetic Differences and Resulting Life Histories Interact with Rapidly Rising Atmospheric CO_2 and O_3 to Control the Rate and Fate of Photosynthate Accumulation and the Cycling of C and N in Northern Forests* entrepris par D. F. Karnosky, K. S. Pregitzer (Michigan Technological University), D. R. Zak (University of Michigan), R. L. Lindroth (University of Wisconsin), M. E. Kubiske (USDA Forest Service-North Central), K. E. Percy (RNCan, SCF-Centre de foresterie de l'Atlantique), G. R. Hendrey (US DOE-BNL) et J. D. Isebrands (USDA Forest Service-North Central).

Kevin Percy
Centre de foresterie de l'Atlantique

suite de la page 4... Le Centre national de semences forestières

graines. Par conséquent, on ne recueille que peu de semences d' espèces commerciales dans les peuplements naturels. Le Centre entrepose des échantillons tirés de peuplements naturels et menacés ou de populations uniques afin de préserver les gènes et d'offrir aux chercheurs une source de matériel génétique pour les besoins futurs en matière de recherche ou de restauration. Il est important de savoir que les semences resteront viables pendant longtemps, surtout quand elles proviennent de populations uniques ou de peuplements qui sont peut-être menacés d'une façon quelconque. On peut ainsi les conserver pour l'avenir.

La température d'entreposage et la teneur en humidité des semences sont les facteurs qui influent le plus sur la capacité d'entreposage de celles-ci. En général, les semences d'espèces d'arbres et d'arbrisseaux de la forêt tempérée réagissent de deux façons à l'entreposage. D'une part, il y a les semences orthodoxes (tolérance à la sécheresse, à l'étanchéité et à l'entreposage à de basses températures), notamment celles de la plupart des conifères et des feuillus à petites graines, qui sont entreposées dans des bocaux de verre hermétiques dans des chambres froides dont la température est maintenue à -20° C. Les semences sont séchées jusqu'à ce que leur teneur en humidité atteigne de 5 à 8 p. 100 avant l'entreposage. D'autre part, on trouve les semences de certaines espèces récalcitrantes de feuillus (intolérance à la sécheresse, à l'étanchéité et à l'entreposage à de basses températures), notamment celles du chêne et de l'érable argenté, qui, elles ne peuvent pas être entreposées longtemps, car elles ne peuvent être ni séchées ni gelées. Elles sont donc entreposées à des températures de 4 °C au-dessus de zéro dans un endroit où il y a un certain échange d'air. Il faut donc en récolter souvent pour disposer d'un approvisionnement viable.

Pour surveiller la qualité et la viabilité des lots de semences, on procède à des essais de germination. On effectue ces essais selon des règles et des procédures prescrites. En raison du nombre d'espèces différentes qui font l'objet de ces essais, il faut utiliser divers traitements avant la germination afin d'en maximiser l'efficacité. On fait germer les semences dans des boites spéciales qu'on place dans des chambres de croissance où la lumière, la température et l'humidité sont rigoureusement contrôlées.

Au cours de l'histoire du Centre de semences, on a pu recueillir une somme incroyable de données sur les essais de germination. Cet ensemble de données est unique en raison du nombre d'essais qui ont été effectués à l'égard de centaines d'espèces et du fait que ces essais ont été répétés à maintes reprises au cours des ans. Ces données sont importantes, car elles démontrent le potentiel d'entreposage à long terme des semences. Le tableau présente, pour un certain nombre d'espèces, la mesure dans laquelle les semences sont viables si elles sont entreposées convenablement. En général, les semences d'essences de conifères sont viables pendant longtemps. La capacité exceptionnelle d'entreposage des deux espèces de peupliers est assez remarquable, car la graine est très petite et on la considère comme semence de courte durée. La semence de sapin baumier a la plus faible capacité d'entreposage chez les conifères. Cette situation s'explique, entre autres, par le fait qu'il est difficile d'enlever les semences non viables pendant le processus de nettoyage. D'autres facteurs ont aussi de l'impact sur l'entreposage. Il faut faire très attention pendant la récolte et le traitement pour s'assurer qu'on ne cause aucun stress ni dommage à la graine.

Le CNSF continue à jouer un rôle important en ce qui concerne l'entreposage de matériel génétique et l'approvisionnement de semences pour les besoins de la recherche. En raison de son mandat national, il a pour but à long terme d'entreposer des semences représentatives des aires naturelles de toutes les espèces canadiennes d'arbres et d'arbrisseaux. De même, la collaboration avec d'autres centres de semences du Canada et d'autres pays continuera à renforcer le rôle du Centre dans le domaine de la recherche et de la conservation.

Dale Simpson
Centre de foresterie de l'Atlantique

Essences	Nombre d'années en stock	Germination (%)
Acer rubrum (érable rouge)	14	92
A. saccharum (érable à sucre)	12	72
Betula alleghaniensis (bouleau jaune)	28	85
Populus grandidentata (peuplier à grandes dents)	32	63
P. tremuloides (peuplier faux-tremble)	29	72
Abies balsamea (sapin baumier)	21	73
Larix laricina (mélèze laricin)	18	92
Picea glauca (épinette blanche)	33	92
P. mariana (épinette noire)	30	95
P. rubens (épinette rouge)	45	80
P. sitchensis (épinette de Sitka)	31	92
Pinus banksiana (pin gris)	40	87
P. contoria (pin tordu latifolié)	33	90
P. resinosa (pin rouge)	42	83
P. strobus (pin blanc)	23	97

La germination des semences provenant de vieux lots de meilleure qualité de plusieurs des essences de feuillus et de conifères entreposées à -20° C au Centre national de semences forestières.

Réseaux de S&T du SCF

Service canadien des forêts
Administration centrale
580, rue Booth, 8e étage
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4
(613) 947-9060
(613) 947-9015

Service canadien des forêts
Centre de foresterie de l'Atlantique
C.P. 4000
Fredericton (Nouveau-Brunswick)
E3B 5P7 *et*
C. P. 960
Corner Brook, (Terre-Neuve)
A2H 6J3
(709) 637-4900

Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
C. P. 3800
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7
(418) 648-3335

Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Grands Lacs
1219, rue Queen E.,
C.P. 490
Sault Ste. Marie (Ontario)
P6A 5M7
705) 759-5740

Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Nord
5320 - 122 rue
Edmonton (Alberta)
T6H 3S5
(780) 435-7210

Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Pacifique
506, chemin Burnside ouest
Victoria (Colombie-Britannique)
V8Z 1M5
(250) 363-0600

Pour information

Volume 6, N°.1- printemps 2002
ISSN 1206-7210

Santé et biodiversité des forêts Nouvelles est publié régulièrement par le Centre de foresterie de l'Atlantique, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada.

Veuillez envoyer vos commentaires et articles à l'adresse suivante:
Service canadien des forêts
Centre de foresterie de l'Atlantique
C. P. 4000
Fredericton (Nouveau-Brunswick) Canada
E3B 5P7

http://www.atl.scf.RNCan.gc.ca

Imprimé au Canada sur Sun Remo Plus + Glass Paper recyclé à 30 % et contenant 10 % de déchets de consommation.

© Sa Majesté la Reine chef du Canada, 2002